

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ / ΕΞΕΤΑΣΗ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

**Ροδιτάκης Κωνσταντίνος
Μεταπτυχιακός Φοιτητής**

**Τμήμα Επιστήμης Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Κρήτης
Επόπτης Μεταπτ. Εργασίας: Καθηγητής, Α. Αργυρός**

Πέμπτη, 23/11/2017, 11:00

Αίθουσα Β108, Τμήμα Επιστήμης Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Κρήτης

“ Τρισδιάστατη παρακολούθηση ανθρώπινων χεριών που υπόκεινται σε χωρικούς περιορισμούς”

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εκτίμηση της θέσης και της πλήρους αρθρωτικής κίνησης ενός ανθρώπινου χεριού με βάση οπτική πληροφορία παραμένει ένα δύσκολο πρόβλημα το οποίο έχει μελετηθεί εντατικά από την ερευνητική κοινότητα. Οι κυριότερες προκλήσεις προκύπτουν από τη μεγάλη διαστατικότητα του προβλήματος, την γρήγορη κίνηση των χεριών και τις παρατηρούμενες αυτό-επικαλύψεις. Αξιόπιστες, ανθεκτικές και ακριβείς λύσεις για το πρόβλημα μπορούν να διευκολύνουν την ανάπτυξη πολλών εφαρμογών. Σε πολλές από αυτές, υπάρχουν περιορισμοί ως προς τη θέση και την κίνηση των τμημάτων του χεριού τα οποία μπορούν να εκτιμηθούν από ανιχνευτές κατευθυνόμενους από δεδομένα (data-driven detectors) ή εμμέσως εξαιτίας της αλληλεπίδρασης των χεριών με το περιβάλλον.

Σε αυτή την εργασία, διερευνούμε τέτοια σενάρια και λαμβάνουμε υπόψιν αυτό το είδος χωρικών περιορισμών. Παρουσιάζουμε μια μέθοδο για την τρισδιάστατη παρακολούθηση του χεριού η οποία εκμεταλλεύεται αποτελεσματικά χωρικούς

περιορισμούς της 3D θέσης των ακροδαχτύλων. Πιο συγκεκριμένα, τα ακροδάχτυλα μπορεί να έχουν γνωστή 3D θέση ή να βρίσκονται σε μία γνωστή περιοχή. Ο αριθμός των περιορισμένων δακτύλων μπορεί να μεταβάλλεται χρονικά κατά τη διάρκεια μιας ακολουθίας. Η προτεινόμενη μέθοδος ακολουθεί μια γενετική προσέγγιση που δημιουργεί και αξιολογεί υποθέσεις (generative hypothesize-and-test approach) και που χρησιμοποιεί ένα ιεραρχικό φίλτρο σωματιδίων (hierarchical particle filter) για την παρακολούθηση του χεριού.

Οι καλύτερες γνωστές μέθοδοι για την επίλυση του προβλήματος λαμβάνουν υπόψη χωρικούς περιορισμούς με χαλαρό τρόπο και συνεπώς δεν μπορούν να εγγυηθούν ότι η τελική λύση θα τους ικανοποιήσει. Αντιθέτως, στην παρούσα εργασία, αντιμετωπίζουμε αυτό το ζήτημα επιβάλλοντας τους χωρικούς περιορισμούς κατά τη φάση δημιουργίας υποθέσεων της άρθρωσης του χεριού. Προς αυτή την κατεύθυνση αναπτύξαμε μια απλή και γρήγορη μέθοδο δειγματοληψίας αρθρώσεων των δακτύλων που βασίζεται στην έννοια του Χώρου Προσβασιμότητας βάση Απόστασης – ΧΠΑ (Reachable Distance Space - RDS).

Οι κύριες συνεισφορές αυτής της εργασίας είναι οι εξής: (α) Επεκτείνουμε την αρχική διατύπωση του ΧΠΑ (RDS) για να παράγουμε αρθρώσεις των δακτύλων που σέβονται τόσο τα κινηματικά όρια των συνδέσμων του χεριού όσο και τους περιορισμούς των τελικών τελεστών, (β) εισάγουμε το αλγοριθμικό πλαίσιο C-HMF που ενσωματώνει την παραπάνω στρατηγική δειγματοληψίας με το πλαίσιο Ιεραρχικής Συγχώνευσης Μοντέλων - ΙΣΜ (Hierarchical Model Fusion - HMF). Εάν απουσιάζουν χωρικοί περιορισμοί σε συγκεκριμένα καρέ της ακολουθίας, το προτεινόμενο πλαίσιο C-HMF ανάγεται στην αρχική μέθοδο ΙΣΜ - HMF. Κάθε υπόθεση αξιολογείται εκτιμώντας την ασυμφωνία μεταξύ του παραγόμενου 3D μοντέλου και των διαθέσιμων παρατηρήσεων.

Χρησιμοποιήθηκαν αρκετές μετρικές σφάλματος για την εκτενή ποσοτική και ποιοτική αξιολόγηση της μεθοδολογίας μας σε ακολουθίες οι οποίες περιέχουν αρκετές αυτοεπικαλύψεις. Τα ποσοτικά και ποιοτικά αποτελέσματα καταδεικνύουν ότι η προτεινόμενη προσέγγιση υπερτερεί σημαντικά σε σχέση με τις βέλτιστες γνωστές μεθόδους σε ακρίβεια εκτίμησης της θέσης και της αρθρωτής κίνησης του χεριού και στην ευρωστία. Επιπρόσθετα, δείχνουμε ότι η μεθοδολογία μας είναι ανθεκτική σε θόρυβο που ενδεχομένως προκύπτει κατά τη διαδικασία ανίχνευσης των δακτύλων.

Διερευνώντας πιο πυκνά το χώρο των εφικτών λύσεων, απαιτούμε την αξιολόγηση πολύ λιγότερων υποθέσεων του χεριού, που όλες ικανοποιούν τους δοσμένους περιορισμούς. Έτσι, η προτεινόμενη μεθοδολογία αποδεικνύεται κατάλληλη για την αντιμετώπιση των υπολογιστικών αναγκών των εφαρμογών που απαιτούν επίλυση του προβλήματος της τρισδιάστατης παρακολούθησης του χεριού σε πραγματικό χρόνο.

Roditakis Konstantinos

M.Sc. Thesis

Computer Science Department

University of Crete

Master's Thesis Supervisor: Professor, A. Argyros

Thursday, 23/11/2017, 11:00

Room B108, Computer Science Dept., University of Crete

“Generative 3D Hand Tracking with Spatially Constrained Pose Sampling”

ABSTRACT

Estimating the 3D pose and full articulation of a human hand based on visual information remains a challenging task which has been intensively addressed by the research community. The main challenges arise from the dimensionality of the problem, rapid hand motion and self-occlusions that occur in the majority of observed poses. Reliable, robust and accurate solutions can facilitate the development of industrial to consumer-level applications. There exist practical hand motion scenarios where the hand parts are spatially constrained. In these scenarios, hand part locations can be inferred implicitly from data-driven detectors or interaction with the environment.

In this thesis, we investigate such scenarios, and we consider this type of spatial constraints. We present a method for 3D hand tracking that efficiently exploits spatial constraints in the form of end effector (fingertip) locations. An end-effector target can be either a specific 3D point or a 3D region, and the number of constrained fingertips may vary through frames. The proposed method follows a generative, hypothesize-and-test approach and uses a hierarchical particle filter to track the hand.

The current state of the art methods consider these spatial constraints in a soft manner and can not guarantee that the resulting estimate will satisfy them. We tackle this issue by enforcing spatial constraints during the hand pose hypothesis generation phase. In that direction, we developed a simple and fast finger articulation sampling method that is based on the concept of Reachable Distance Space (RDS).

The main contributions of this work are the following: (a) We extend the original RDS formulation to generate finger articulations that respect both the hands' joint limits and the end effector constraints, (b) we introduce the C-HMF framework by tightly integrating our constraints-aware sampling strategy to the Hierarchical Model Fusion (HMF) framework. If spatial constraints are absent at certain frames, our proposed C-HMF framework can seamlessly fall back to the original HMF method. Each hypothesis is evaluated by measuring the discrepancy between the rendered 3D model and the available observations.

Several error metrics are employed to extensively evaluate our methodology on challenging, ground truth-annotated sequences that contain severe hand occlusions. Quantitative and qualitative results demonstrate that the proposed approach significantly outperforms state of the art in hand tracking accuracy and robustness. Additionally, we demonstrate that our methodology is robust to fingertip detection noise.

By exploring more densely the space of feasible solutions, we require the evaluation of much fewer hand hypotheses, all of which satisfy the given constraints. Along with the proposed light-weight sampling strategy, our methodology is suitable to cope with the performance requirements of applications requiring a real time solution to the problem of 3D hand tracking.